

УДК 622.411.3

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2022.6.2.37-45>

**Віктор Костенко<sup>1</sup>**, доктор технічних наук, професор (ORCID: 0000-0001-8439-6564),  
**Сергій Цвіркун<sup>2</sup>**, кандидат технічних наук, доцент (ORCID: 0000-0002-1807-9330),  
**Тетяна Костенко<sup>2</sup>**, доктор технічних наук, професор (ORCID: 0000-0001-9426-8320),  
**Максим Удовенко<sup>2</sup>** (ORCID: 0000-0002-4143-8645),

<sup>1</sup>ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»,

<sup>2</sup>Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ІНДИКАТОРНИХ ГАЗІВ У ВИРОБКАХ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Метою роботи є дослідження динаміки розповсюдження індикаторних пожежних газів в гірничій виробці вугільної шахти, як підґрунтя щодо визначення місцезнаходження джерела самонагрівання або самозаймання вугілля. Для моделювання загазованості виробок вугільних шахт було використано програмний пакет *Fire Dynamics Simulator*. Враховуючи типові для західного кам'яновугільного басейну Донбасу геометричні розміри виробок, властивості вугілля тощо, було створено модель фрагменту аварійної виробки вугільної шахти, яка дозволяє відобразити геометричну і фізичну подібність до процесів у реальних гірничих виробках. Отримано і проаналізовано результати моделювання для досліджуваних сценаріїв із різною подачею повітря, пов'язаних з виявленням і встановленням розташування джерел самонагрівання або самозаймання у виробках вугільної шахти. Встановлено, що пожежні гази, які мають малу густину, зосереджуються у склепінні виробки, де повільно розчиняються повітрям, процес розчинення носить лінійний характер. Виявлено, що існує можливість при швидкості повітря до 0,67...0,7 м/с утворення потоків пожежних газів, які пересуваються назустріч вентиляційному потоку майже не змішуючись з ним – явище біфуркації. Встановлено чисельні параметри динаміки пожежних газів в близьких до реальних умов, які можуть стати основою для виявлення та локації джерел ендегенних термодинамічних процесів в гірничих виробках.

**Ключові слова:** підземні пожежі, моделювання, оксид вуглецю, індикаторні гази, джерело самозаймання.

**Постановка проблеми.** Підземні пожежі у вугільних шахтах завдають величезних економічних збитків, пов'язаних з проведенням робіт по гасінню пожеж. Особливо складним є гасіння ендегенних пожеж, що виникають в результаті самозаймання вугілля у важкодоступних місцях. Переважна більшість ендегенних пожеж виникає у виробленому просторі, що ускладнює їх виявлення на ранній стадії розвитку і визначення місцезнаходження вогнищ. Через відсутність достовірних даних про стан і місцезнаходження пожежі різко знижується ефективність подачі вогнегасних речовин, а для гасіння використовується спосіб ізоляції або комбінований на основі ізоляції.

В результаті військової агресії РФ відбувається ускладнення обстановки на вугільних шахтах, що знаходяться на підконтрольній Україні території у зв'язку з тим, що обладнання для оцінки схильності вугільних пластів до самозаймання, проведення поточного прогнозу самонагрівання вугілля та інших досліджень залишилось на окупованих територіях. Зважаючи на це, завдання захисту українських шахт від загрози самонагрівання і самозаймання вугілля набуло особливої гостроти.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Згідно з вимогами, що діють у вугільній галузі документів [1], при підземній пожежі ухвалений режим вентиляції повинен бути стійким, керованим і забезпечувати скорочення швидкості поширення пожежі і розмірів зони горіння. Проте, для виконання уставних вимог потрібно мати оперативні відомості про місце

виникнення пожежі, витрату пожежних газів тощо. В аварійних умовах це потребує використання людських ресурсів, значного часу. Виходом з цієї ситуації може стати використання засобів газового захисту для отримання необхідної інформації, які можуть забезпечити своєчасність та об'єктивність необхідних даних. Однак, існуючі системи газового захисту не забезпечують виконання необхідних вимог, їх удосконалення потребує додаткового наукового обґрунтування. Європейська методика поточного контролю ендогенних процесів дає змогу виявити факт появи джерела самонагрівання або самозаймання вугілля у видобувній ділянці. Для цього необхідно мати у своєму розпорядженні відомості про відносний і абсолютний вміст у повітряному потоці так званих індикаторних газів – оксиду вуглецю або водню [2]. Таким чином, питання зводиться до розгляду виключно вентиляційного завдання з визначення характеру виділення з вогнища пожежних газів і руху їх здовж виробки.

Для відтворення формування джерела горіння і динаміки руху пожежних газів у виробках слід використати відомі методи комп'ютерного моделювання. Такій підхід до вивчення динаміки газів у шахтах є досить розповсюдженим у світовій гірничій науці, відомо значне число досліджень вентиляційних потоків в мережі гірничих виробок. Комп'ютерні моделі пожежі у підземних шахтах використані для аналізу та оцінки наслідків сценаріїв пожежі для процесу евакуації та безпеки гірничих робіт [3]. Представлені результати методології, що реалізує моделювання, кілька сценаріїв, відтворених в 3D-моделі для демонстрації поширення продуктів горіння через шахтну вентиляційну мережу. Результати моделювання аналізуються, та виділяються потенційно небезпечні сценарії пожежі. В цій роботі не було розглянуто характеру розповсюдження руху хмари пожежних газів у перерізі виробки, а також характеру їх змішування з вентиляційним повітрям.

В іншій роботі розглянуто два види горіння: одна екзогенна пожежа складалася з вугільного матеріалу, а друга використовувала два найпоширеніші джерела палива, знайдені у вугільній шахті: вугілля та дерев'яні шпали [4]. Інформація про випробування вугілля була використана як модель реальної пожежі. Ця стаття описує режими горіння, надає уявлення про характеристики розповсюдження полум'я та представляє результати роботи з моделювання. На жаль, такі дослідження не відповідають умовам утворення та розвитку вогнищ самонагрівання і самозаймання вугілля.

Також представляє інтерес вивчення закону зворотного потоку диму в середині пожежі в металевій шахті, було використано програмне забезпечення для моделювання пожежі, а фактична шахта була використана в якості дослідницької основи для створення моделі, що включає середню секцію та пандус [5]. Результати дослідження показують, що діапазон зворотного потоку диму в середній ділянці різних потужностей джерела вогню може досягати 8...30 м, а швидкість вітру в середній ділянці має значний вплив на придушення зворотного потоку димових газів. Такі результати важко екстраполювати на реальні гірничі виробки з існуючими параметрами вентиляції.

Узагальнення інформації показує, що комп'ютерне моделювання вентиляційних процесів, в тому числі аварійних вентиляційних режимів, є широко розповсюдженим і надійним методом дослідження з отриманням близьких до натурних показників результатів. У відомих роботах не знайдено відображення особливості розвитку джерел самонагрівання і самозаймання вугілля. Таким чином, невирішеною залишилась проблема розкриття механізму утворення пожежних газів у вогнищі самонагрівання і самозаймання вугілля, а також розповсюдження в перерізі і розчинення повітрям при русі виробкою. Найбільший інтерес представляє динаміка, так званого, індикаторного газу – оксиду вуглецю, який відображає якісну і кількісну сторону процесу розвитку ендогенної пожежі, а також може сприяти визначенню локації джерела самозаймання.

**Формулювання цілей статті.** Метою роботи є дослідження динаміки розповсюдження індикаторних пожежних газів в гірничій виробці вугільної шахти, як підґрунтя щодо визначення місцезнаходження джерела самонагрівання або самозаймання вугілля.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані та розв'язані наступні завдання:

- 1) визначено найбільш вірогідний сценарій виникнення та формування пожежної загазованості виробок вугільних шахт;
- 2) обрано підхід до моделювання загазованості виробок вугільних шахт на основі відомих шляхів моделювання газових потоків;
- 3) визначено вихідні дані для моделювання;
- 4) створено 3D модель фрагменту аварійної виробки вугільної шахти;
- 5) отримано і проаналізовано результати моделювання для досліджуваних сценаріїв, пов'язаних з виявленням і встановленням розташування джерел самонагрівання або самозаймання у виробках вугільної шахти

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів.** Математична модель у Fire Dynamics Simulator (FDS), яка використана під час досліджень, базується на використанні диференціальних рівнянь в часткових похідних, що описують просторово-часовий розподіл температури і швидкостей газового середовища в приміщенні, концентрацій компонентів газового середовища (кисню, продуктів горіння тощо), тисків і густин. Було розглянуто критичний момент переходу термохімічних процесів в джерелі самонагрівання до самозаймання. При такому підході дані, які отримані на початковому періоді моделювання, наближені до стадії розвинутого самонагрівання, а наступні – до розвитку самозаймання вугілля в джерелі. Вихідні дані для моделювання включають вибрані моделі турбулентності – LES і турбулентної (підсіточної) в'язкості – моделі Дідорф в дозвуковому наближенні.

Крім того, до вихідних даних відносяться геометричні параметри об'єкта моделювання – фрагмент виробки вугільної шахти, геометричні параметри перерізу виробки, параметри вентиляції – параметри вентиляційного потоку повітря при нагнітальному способі провітрювання.

В якості форми поперечного перерізу виробки вугільної шахти широко застосовують склепінчасту форму. Значення площі поперечного перерізу залежно від умов проведення виробки змінюється від 7 до 22 м<sup>2</sup> при максимальній ширині і висоті 6 і 5 м відповідно. Для моделювання обрано фрагмент гірничої виробки довжиною 100 м і найбільш характерні перетини:

- площею 12,8 м<sup>2</sup> і розміром 4 x 3,2 м;
- площею 18 м<sup>2</sup> і розміром 4,5 x 4 м;
- площею 22,5 м<sup>2</sup> і розміром 5 x 4,5 м.

Провітрювання виробки приймалась з різною витратою вентиляційного потоку, відповідно 500, 1000 і 1500 м<sup>3</sup>/хв. В якості вихідних умов температура повітря дорівнює 30 °С, атмосферний тиск у виробці дорівнює 113325 Па.

Дані для моделювання джерела самозаймання вугілля прийняті для типових показників кам'яного вугілля середньої стадії метаморфізму [7].

Дані для моделювання :

1. Нижча теплота згоряння вугілля – 30 МДж/кг;
2. Швидкість розповсюдження полум'я твердих паливних речовин – 0,067 м/с;
3. Питома масова швидкість вигорання –  $0,4 \cdot 10^{-2}$  кг\*м<sub>2</sub> /с;
4. Димоутворююча здатність – 748,2 м<sup>2</sup>/кг;
5. Кількість СО, що виділяється під час згоряння 1 кг вугілля – 1,291 кг;
6. Кількість СО<sub>2</sub>, що виділяється під час згоряння 1 кг вугілля – 0,3861 кг;
7. Кількість НСІ, що виділяється під час згоряння 1 кг вугілля – 0 кг;
8. Кількість О<sub>2</sub>, що необхідна для згоряння 1 кг вугілля – 3,146 кг.

У виробці, заповненій технологічним обладнанням (конвеєри, підстанції, гідравлічне обладнання тощо) складно виявити місця знаходження вогнищ. Розглянуто можливість знаходження джерел на обмеженій ділянці розміром до 100 м (рис. 1).

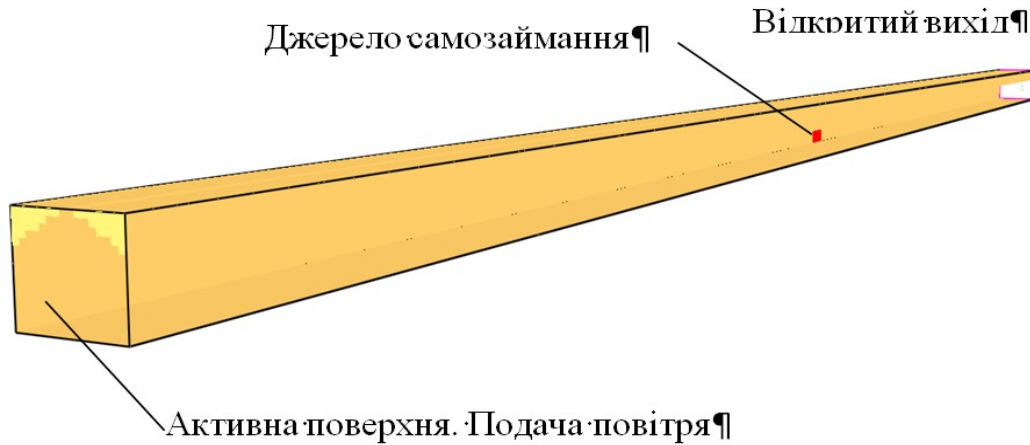


Рисунок 1 – Будова моделі гірничої виробки вугільної шахти.

Вимірювальні датчики встановлювалися по довжині виробки кожні 10 м від джерела самозаймання під покрівлею, а також по розрізу виробки (рис. 2).

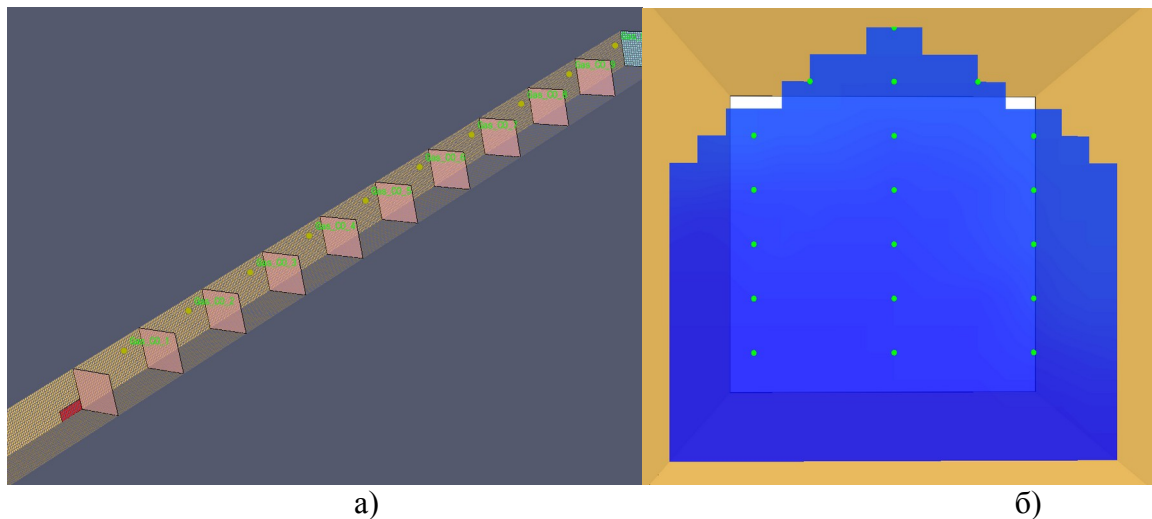


Рисунок 2 – Схеми розташування замірних перерізів по довжині (а) та датчиків в розрізі (б) виробки.

Загальна картина руху пожежних газів у гірничій виробці нагадує картину виходу диму з пічної труби і подальше переміщення його у вітровому потоці. Пожежні гази мають більшу температуру, ніж вентиляційне повітря, а тому меншу густину, тому вони переміщуються до склепіння виробки та рухаються там окремим потоком, повільно розчиняючись у повітрі.

За допомогою програми FDS реалізовано можливість розглянути динаміку розповсюдження індикаторних газів, а саме CO, здовж виробки протягом певного часу для кожного із запропонованих сценаріїв (рис.3).

Конкретний приклад такого розрахунку для датчиків, що встановлені у вершині склепіння, наведено нижче (рис. 4). Чітко видно, що з віддаленням від джерела самозаймання зменшується вміст CO в повітрі, яке оточує датчик. Це можна пояснити поступовим розчиненням пожежних газів в оточуючому середовищі внаслідок турбулентної дифузії. Таке явище є підґрунтям для встановлення залежності, яка дозволяє встановити місце, з якого поступають до виробки пожежні гази, що відповідно є джерелом самозаймання.

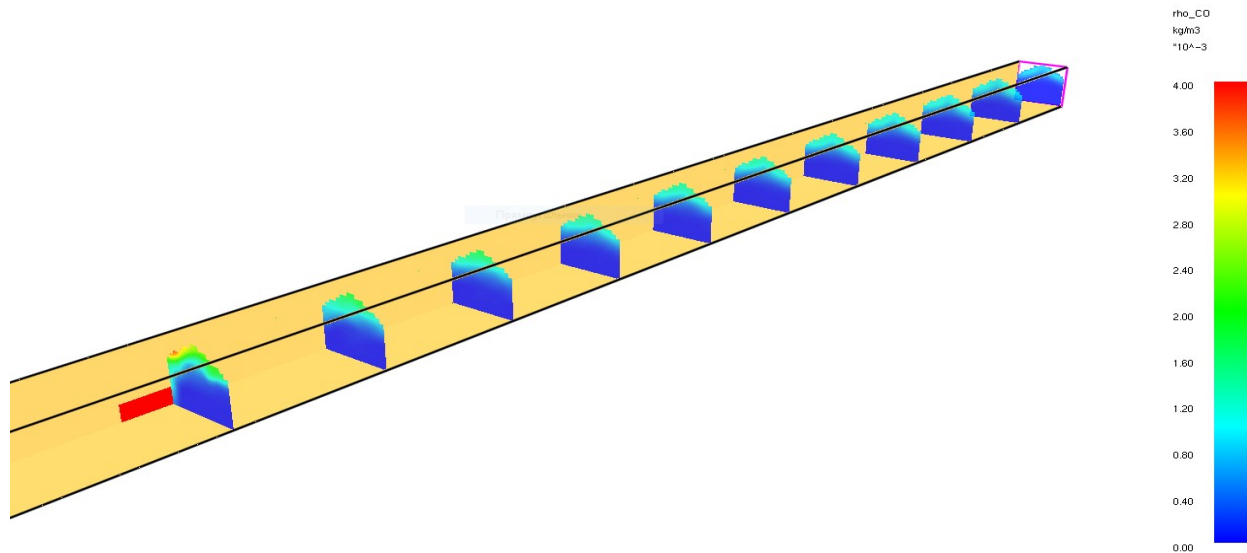


Рисунок 3 – Візуальне надання результатів одного з розрахункових сценаріїв.

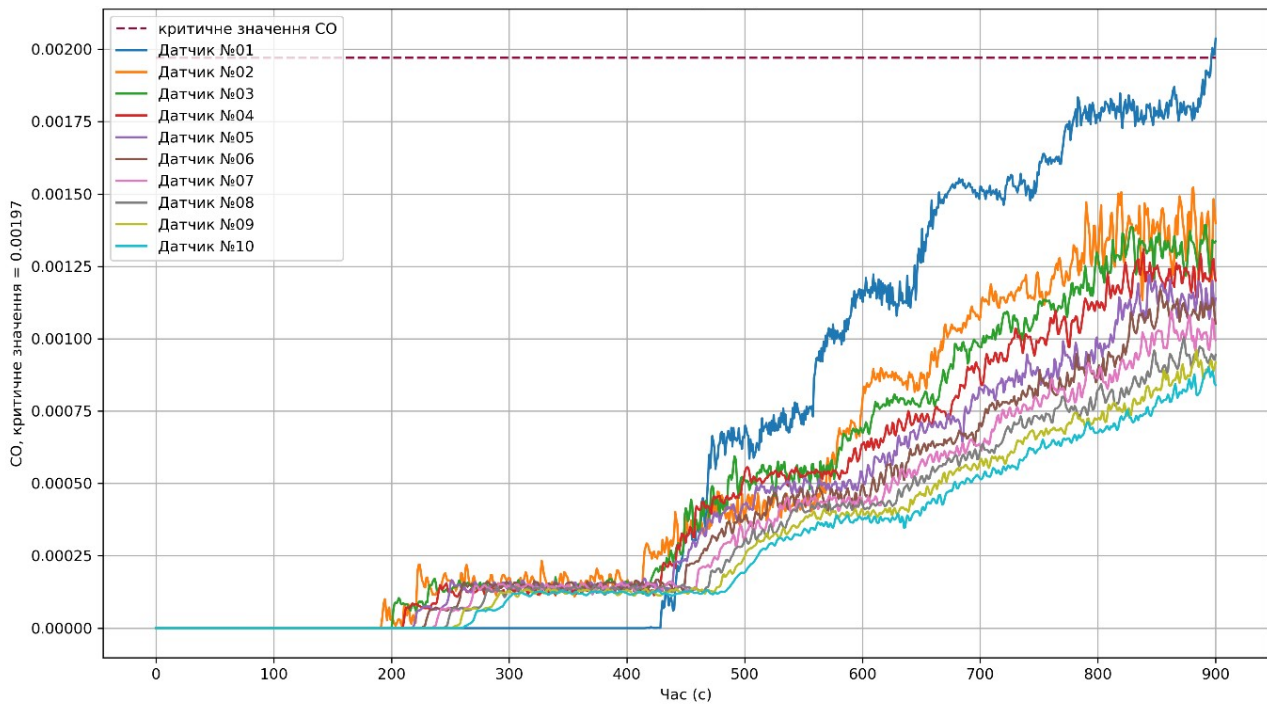


Рисунок 4 – Динаміка CO на ділянці 0-95 м від джерела пожежі у виробці площею поперечного перерізу  $22,5 \text{ м}^2$  та витраті повітря  $1500 \text{ м}^3/\text{хв}$  за даними датчиків, що знаходяться у вершині склепіння (пунктиром зазначено рівень CO, що перевищує ГДК для робочих місць).

Найбільший інтерес викликає дослідження механізму розповсюдження індикаторного газу – оксиду вуглецю CO в склепінні виробки, де зосереджена основна частина індикаторних газів. Для цього відібрано сім точок розрахунку газів, що розташовані у верхній частині виробки (рис. 5) і отримано середній показник. Для кожного розміру поперечних перерізів виробок (12,8; 18;  $22,5 \text{ м}^2$ ) отримано залежності зміни вмісту CO на відстані 100 м від джерела самозаймання (рис. 6) при подаванні вентиляційного струменю 500, 1000,  $1500 \text{ м}^3/\text{хв}$ .

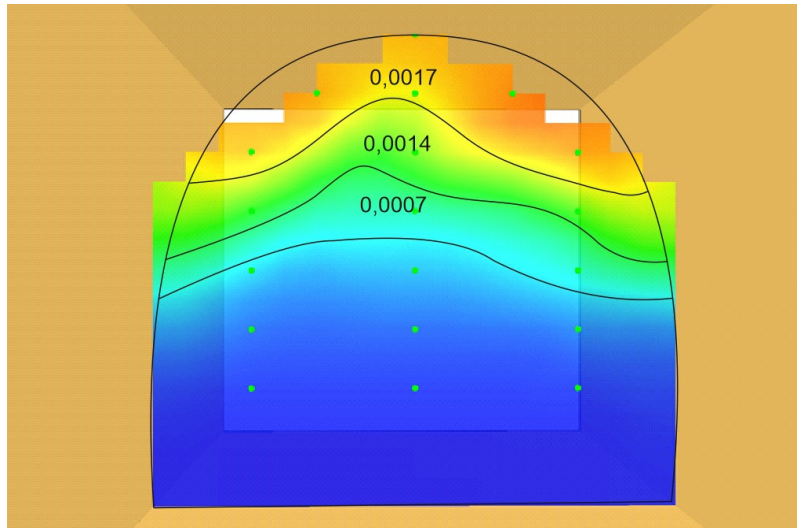


Рисунок 5 – Розподіл концентрації CO на відстані 95 м від джерела самозаймання у перерізі виробки площею 22,5 м<sup>2</sup> та витраті повітря 1500 м<sup>3</sup>/хв.

На даному відрізку виробки процес розчинення оксиду вуглецю в склепінні носить лінійний характер. При цьому, чим більша подача повітря у виробці даного перерізу, тим інтенсивніше відбувається зниження вмісту CO у склепінні.

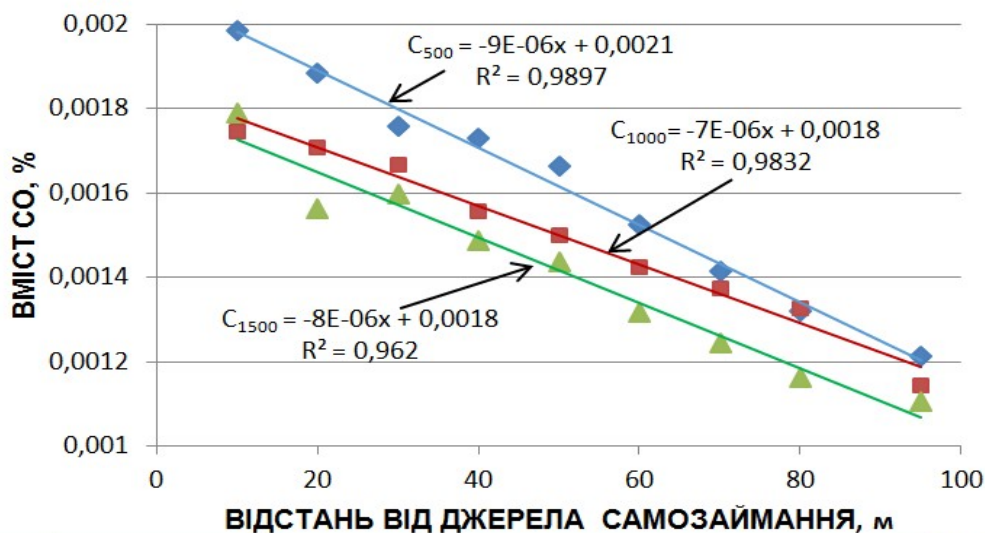


Рисунок 6 – Динаміка оксиду вуглецю (CO) у склепінні виробок з площею поперечного перерізу 22,5.

Крім того встановлено, що при витраті повітря 500 м<sup>3</sup>/хв концентрація CO починає зростати від джерела пожежі в протилежному напрямку подачі повітря (рис.7). У виробці утворюється біфуркація газових потоків, коли частина пожежних газів рухається на зустріч вентиляційному потоку практично не змішуючись з ним. В певному місці пожежні гази віддаючи частину тепла опускаються нижче і починають рухатись разом з вентиляційним потоком. Як показують результати моделювання, протяжність зони біфуркації залежить від площі поперечного перерізу виробки, при інших рівних показниках. Так при подачі повітря 500 м<sup>3</sup>/хв на двадцятій хвилині розвитку пожежі протяжність зони біфуркації складала близько 48 м у виробці з перерізом площею 12 м<sup>2</sup> (рис.7 а), розмір зони був близько 90 м при площі перерізу 18 м<sup>2</sup>, і – 95 м при 22 м<sup>2</sup>. При цьому, у виробках з більшим перерізом (рис. 7 б,в) спостерігали зниження концентрації газів відносно меншого перерізу (рис. 7 а).

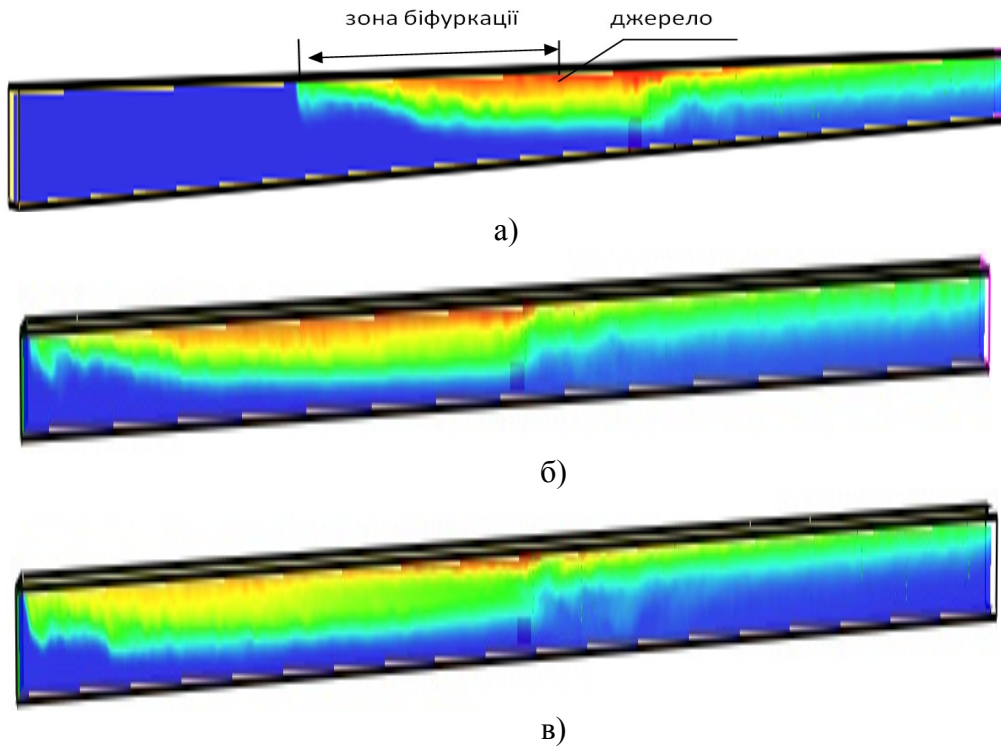


Рисунок 7 – Утворення біфуркаційного потоку на 1200 с розвитку пожежі та подачі повітря 500 м<sup>3</sup>/хв у виробках площею, м<sup>2</sup>: а – 12,8; б – 18; в – 22,5.

Можна припустити, що впливає відношення витрати повітря до площини перерізу ( $B=Q/S$ ), яке у більших виробок має нижче значення (табл.1). В таблиці сірим кольором виділено відношення  $B=Q/S$  при яких в гірничих виробках спостерігали явище біфуркації.

Таблиця 1 – Відношення витрати повітря до площини поперечного перерізу виробки

Витрата повітря ( $Q$ ), м <sup>3</sup> /хв	Площа поперечного перерізу ( $S$ ), м <sup>2</sup>		
	12,8	18	22,5
500	39	27,8	22,2
1000	78,1	55,5	44,4
1500	117,1	83,3	66,7

З наведених в таблиці даних випливає, що при співвідношенні  $B=39$  біфуркація проявляється у найменшому розмірі (рис.7 а). При менших показниках співвідношення розмір зони біфуркації збільшується. В разі співвідношення  $B=44,4$  біфуркація – відсутня. Таким чином, можна стверджувати, що «точка біфуркації» для таких умов, що досліджуються, знаходиться в межах показника  $B=40...42$ . За своїм фізичним смислом показник  $B$ , який має розмірність м/хв, є розрахунковою або середньою швидкістю вентиляційного повітря у гірничій виробці. Таким чином, якщо ця швидкість не перевищує 40...42 м/хв, тобто 0,67...0,7 м/с, то існують умови для виникнення біфуркаційного процесу.

**Висновки.** Для дослідження динаміки розповсюдження індикаторних пожежних газів в гірничій виробці вугільної шахти було використано програмний комплекс FDS. Для моделювання було визначено найбільш вірогідні сценарії виникнення та формування загазування гірничих виробок вугільних шахт при пожежах.

Моделювання виконано з максимальною подобою до реальних гірничих виробок, що дозволяє з високим ступенем достовірності екстраполювати результати на умови діючих шахт. Розкрито механізм переміщення пожежних газів на дільниці 100 м від джерела самозаймання вугілля, який полягає в наступному. Пожежні газу, при виділенні з джерела,

які мають малу густину, рухаються в області склепіння виробки. Відповідно для виявлення ранніх ознак ендогенної пожежі треба контролювати склад газів саме в верхній частині перерізу виробки.

В процесі руху відбувається розчинення пожежних газів, на розглянутій ділянці (100 м) характер зниження концентрації газів у повітрі, зокрема індикаторного оксиду вуглецю, має лінійний характер. Встановлення цієї залежності дає змогу здійснювати локацію джерела. Для цього достатньо провести не менше двох вимірів складу газів у склепінні. Керуючись лінійною залежністю розповсюдження газів у склепінні виробки, графічним способом встановлюють передбачуване місце розташування джерела ендогенного процесу.

Недоліком проведеного дослідження є невраховування захарачення перерізів виробок обладнанням, таким як конвеєри, трубопроводи, кабелі, пускова апаратура тощо, можуть порушити лінійність руху газів і точність локації. Це є предметом подальших досліджень.

У виробках з більшою площиною перерізу розчинення пожежних газів у повітрі відбувається швидше. Це логічно, так як в більшому об'ємі повітря і більшому коефіцієнті турбулентної дифузії розчинення відбувається інтенсивніше.

При низькій швидкості вентиляційного потоку може виникати явище біфуркаційного руху пожежних газів. Це може привести до хибного результату пошуку місця розташування джерела і потребує в подальшому додаткового вивчення. Інтерес представляє виявлення таких співвідношень витoku пожежних газів та витрати повітря, при якому настає так звана «точка біфуркації» – початок цього явища. Вихідні дані, які використані при моделюванні, є типовими для діапазону гірничотехнічних умов Донбасу, тому отриманий показник 0,67...0,7 м/с можна в якості першого наближення рекомендувати для використання в якості критерію для реальних гірничих виробок.

#### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. ДНАОП 1.1.30-4.01-97. Статут ДВГРС по організації і веденню гірничорятувальних робіт. Київ, 1997. 454 с.
2. Gamiy Y., Kostenko V., Zavialova O., Kostenko T., Zhurbynskiy D. (2020) Identifying sources of coal spontaneous heating in mine workings using aerogas control automatic systems. *Mining of mineral deposits*, 2020, 14 (1), Pp. 120-127. <https://doi.org/10.33271/mining14.01.120>
3. Adjiski V.; Zubicek V.; Despodov Z.(2019) Monte Carlo simulation of uncertain parameters to evaluate the evacuation process in an underground mine fire emergency. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. Volume 119, n.11. Pp. 907-917. <http://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/701/2019>.
4. Michael A. Trevits, Liming Yuan, Kara Teacoach, Michael P. Valoski, John E. Urosek. (2009) Understanding Mine Fire Disasters by Determining the Characteristics of Deep-Seated Fires. 2009 SME Annual Meeting and Exhibit. Pp.1-9.
5. Mengya Tian, Guangli Lu, Beibei Liu, Jianfeng Zhao. (2020) Numerical Simulation Study on the Laws of Smoke Backlayering of Fire in Level Roadway of Metal Mine. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 558. Pp.1-7. doi:10.1088/1755-1315/558/2/022030.
6. Fire Dynamics Simulator [Електронний ресурс] <https://pages.nist.gov/fds-smv/>
7. Рябцев Н.И. Естественные и искусственные газы, Москва, 1960, 339 с.

#### **REFERENCES**

1. DNAOP 1.1.30-4.01-97. Statut DVHRS po orhanizatsiyi i vedennyu hirnychoryatuvальnykh robit. Kyiv, 1997. 454 s.
2. Gamiy Y., Kostenko V., Zavialova O., Kostenko T., Zhurbynskiy D. (2020) Identifying sources of coal spontaneous heating in mine workings using aerogas control automatic systems. *Mining of mineral deposits*, 2020, 14 (1), Pp. 120-127. <https://doi.org/10.33271/mining14.01.120>.
3. Adjiski V.; Zubicek V.; Despodov Z.(2019)Monte Carlo simulation of uncertain parameters to evaluate the evacuation process in an underground mine fire emergency. *Journal of*



the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. Volume 119, n.11. Pp. 907-917. <http://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/701/2019>.

4. Michael A. Trevits, Liming Yuan, Kara Teacoach, Michael P. Valoski, John E. Urosek. (2009) Understanding Mine Fire Disasters by Determining the Characteristics of Deep-Seated Fires. 2009 SME Annual Meeting and Exhibit. Pp.1-9.

5. Mengya Tian, Guangli Lu, Beibei Liu, Jianfeng Zhao. (2020) Numerical Simulation Study on the Laws of Smoke Backlayering of Fire in Level Roadway of Metal Mine. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 558. Pp.1-7. doi:10.1088/1755-1315/558/2/022030.

6. Fire Dynamics Simulator [Electronic resource] <https://pages.nist.gov/fds-smv/>

7. Ryabtsev N.I. Yestestvennyye i iskusstvennyye gazy, Moskva, 1960, 339 s.

*Viktor Kostenko<sup>1</sup>, doctor of technical sciences, professor,  
Serhii Tsvirkun<sup>2</sup>, candidate of technical sciences, associate professor,  
Tetiana Kostenko<sup>2</sup>, doctor of technical sciences, professor,  
Maksym Udovenko<sup>2</sup>,*

*<sup>1</sup>Donetsk National Technical University,*

*<sup>2</sup>Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes  
of National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine*

#### **STUDY OF THE DYNAMICS OF DISTRIBUTION OF INDICATOR GASES IN COAL MINES**

*The purpose of the work is to study the dynamics of the distribution of indicator fire gases in the mining workings of a coal mine, as a basis for determining the location of the source of self-heating or self-ignition of coal. The Fire Dynamics Simulator software package was used to simulate the gasification of coal mine workings. Taking into account the geometric dimensions of workings, properties of coal, etc., typical for the western coal basin of Donbas, a model of a fragment of an emergency working of a coal mine was created, which allows to display the geometric and physical similarity to the processes in real mining workings. The simulation results for the studied scenarios with different air supply related to the detection and location of sources of self-heating or self-ignition in the workings of a coal mine were obtained and analysed. It has been established that fire gases, which have a low density, are concentrated in vault products, where they are slowly dissolved by air, the dissolution process is linear in nature. It was found that there is a possibility at an air speed of up to 0.67...0.7 m/s of the formation of streams of fire gases that move towards the ventilation stream almost without mixing with it – the phenomenon of bifurcation. Numerical parameters of the dynamics of fire gases in close to real conditions have been established, which can become the basis for identifying and locating the sources of endogenous thermodynamic processes in mining workings.*

**Key words:** *underground fires, modelling, carbon monoxide, indicator gases, spontaneous ignition source.*